

(1)



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 102 04 083 A 1**

⑨ Int. Cl.7:  
**G 01 L 3/00**  
H 01 L 25/00  
G 05 D 17/00  
B 60 K 26/00

⑲ Aktenzeichen: 102 04 083.4  
⑳ Anmeldetag: 1. 2. 2002  
㉑ Offenlegungstag: 14. 8. 2003

DE 102 04 083 A 1

㉒ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

㉓ Erfinder:  
Weiss, Frank, 93080 Pentling, DE

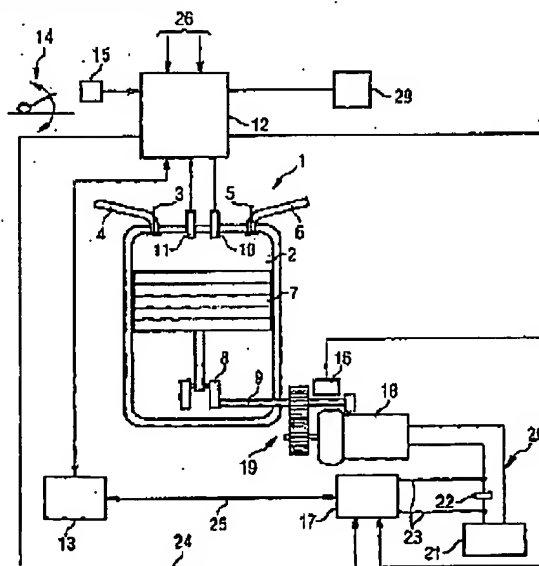
㉔ Entgegenhaltungen:  
DE 43 24 010 C2  
DE 196 48 055 A1  
DE 196 12 455 A1  
DE 698 01 854 T2  
DE 898 14 640 T2  
DE 895 20 431 T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑮ Verfahren zum Anpassen eines Drehmomentmodells und Anordnung

⑮ Es wird ein Verfahren zum Anpassen eines Drehmomentmodells beschrieben, bei dem das Drehmomentmodell, das zur Berechnung des Drehmoments der Brennkraftmaschine (1) verwendet wird, durch ein Drehmoment angepasst wird, das von einem elektrischen Antrieb (18) abgegeben wird. Dabei wird eine Sollsituation festgelegt, anschließend das Drehmoment der Brennkraftmaschine (1) auf einen Differenzwert reduziert und gleichzeitig der elektrische Antrieb (18) in der Weise angesteuert, dass die Sollsituation eingehalten wird. Das vom elektrischen Antrieb (18) tatsächlich abgegebene Drehmoment wird aufgrund von Betriebsparametern des Antriebs (18) ermittelt und mit dem Differenzdrehmoment verglichen, das vom Drehmomentmodell berechnet wurde. Aus dem Vergleich wird eine Anpassung des Drehmomentmodells erarbeitet, so dass das vom Drehmomentmodell berechnete Differenzdrehmoment mit dem vom elektrischen Antrieb (18) abgegebenen Drehmoment übereinstimmt.



DE 102 04 083 A 1

## DE 102 04 083 A 1

1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anpassen eines Drehmomentmodells gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, ein Verfahren zum Anpassen eines Drehmomentmodells gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7 und eine Anordnung zur Regelung einer Drehmomentabgabe gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9.

[0002] Es ist aus dem Bereich der Brennkraftmaschinen für Kraftfahrzeuge bekannt, ein Drehmomentmodell zu verwenden, um ein von der Brennkraftmaschine abgegebenes Drehmoment in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine zu berechnen. Damit ist es nicht notwendig, das von der Brennkraftmaschine abgegebene Drehmoment tatsächlich zu messen.

[0003] Entsprechende Drehmomentmodelle können jedoch auch in anderen technischen Bereichen eingesetzt werden, um auf eine Messung eines tatsächlich abgegebenen Drehmoments verzichten zu können. Aus DE 196 12 455 A1 ist ein Verfahren zum Ermitteln eines Soll Drehmoments an einer Kupplung eines Kraftfahrzeugs bekannt, bei dem ein Drehmomentmodell verwendet wird, das in Abhängigkeit vom Pedalwert, der Drehzahl der Brennkraftmaschine und einem Stellwert eines Fahrgeschwindigkeitsreglers ein von einer Brennkraftmaschine abgegebenes Drehmoment berechnet. Zur Berechnung des Drehmoments werden Kennfelder verwendet, die abhängig von der Geschwindigkeit, der Drehzahl und dem Pedalwert, d. h. von der Fahrpedalstellung, ein Soll Drehmoment festlegen.

[0004] Bei der Verwendung eines Drehmomentmodells besteht das Problem, dass die Güte des Drehmomentmodells während des Betriebs der Brennkraftmaschine kaum überprüfbar und veränderbar ist. Es kann jedoch aufgrund von Fertigungstoleranzen oder Veränderungen bei der Brennkraftmaschine dazu kommen, dass das vom Drehmomentmodell berechnete Ist Drehmoment tatsächlich nicht mit dem von der Brennkraftmaschine abgegebenen Drehmoment übereinstimmt. Entsprechende Abweichungen führen beim Betrieb der Brennkraftmaschine zu einer ungenauen Einstellung eines externen Drehmomentwunsches wie z. B. ESP oder Getriebesteuerung, oder zu Drehmomentsprüngen der Brennstoffmaschine beim Übergang zwischen Betriebsmoden.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, Verfahren zur Anpassung eines Drehmomentmodells und eine entsprechende Anordnung bereitzustellen.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung wird durch das Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1, das Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 7 und die Anordnung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst.

[0007] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Anordnung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0008] Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Anspruch 1 besteht darin, dass durch einen Vergleich eines von einem zweiten Antrieb abgegebenen Drehmoments mit einem von dem Drehmomentmodell berechneten Drehmoment eine Aussage über die Qualität des Drehmomentmodells und eine Korrektur des Drehmomentmodells durchgeführt wird. Bei dieser Ausführungsform wird das Drehmomentmodell nicht dazu verwendet, um das von dem zweiten Antrieb abzugebende Drehmoment zu berechnen, sondern das von dem zweiten Antrieb abgegebene Drehmoment wird über eine Messung eines Betriebsparameters des zweiten Antriebs ermittelt. Auf diese Weise ist eine einfache und kostengünstige Korrektur bzw. Anpassung des Drehmomentmodells möglich. Somit kann sichergestellt werden,

2

dass das Drehmomentmodell relativ genau das von einem ersten Antrieb, insbesondere von einer Brennkraftmaschine, abgegebene Drehmoment berechnet.

[0009] Vorzugsweise stellt den ersten Antrieb eine Brennkraftmaschine und den zweiten Antrieb ein elektrischer Antrieb, insbesondere ein Startergenerator, dar. Ein Startergenerator wird dazu verwendet, um einen Start der Brennkraftmaschine durchzuführen, um einen Drehzahlgleichlauf zu erreichen und/oder eine Drehmomentabgabe konstant zu halten.

[0010] Vorzugsweise wird das vom zweiten Antrieb abgegebene Drehmoment bei einer Sollsituation erfasst, bei der die Brennkraftmaschine weniger Drehmoment abgibt und der elektrische Antrieb für das Erreichen und/oder die Einhaltung der Sollsituation verwendet wird. Beispielsweise besteht eine Sollsituation darin, dass eine vorgegebene Drehzahl einer Welle konstant gehalten wird, die von dem ersten und dem zweiten Antrieb angetrieben wird trotz Änderung der Drehmomentabgabe durch die Brennkraftmaschine. Das Drehmomentmodell berechnet die Größe des von der Brennkraftmaschine weniger oder mehr abgegebenen Drehmoments. Anschließend wird das berechnete Differenzdrehmoment mit dem von dem elektrischen Antrieb abgegebenen Drehmoment verglichen. Dieses Verfahren kann aktiv von einem Steuergerät ausgelöst werden oder sich zufällig beim Betreiben der Brennkraftmaschine ergeben. Werden beispielsweise verschiedene Drehmomentmodelle beim Betrieb der Brennkraftmaschine verwendet, so kann es beim Übergang von einem ersten Drehmomentmodell zu einem zweiten Drehmomentmodell dazu kommen,

dass aufgrund einer Fehlanpassung der zwei Drehmomentmodelle die Brennkraftmaschine beim Übergang von einem Drehmomentmodell auf ein anderes Drehmomentmodell weniger oder mehr Drehmoment abgibt. Da parallel zu der Brennkraftmaschine der elektrische Antrieb zur Konstanthaltung der Drehzahl der Welle verwendet wird, gleicht der elektrische Antrieb die Minder- oder Mehrabgabe von Drehmoment durch die Brennkraftmaschine durch eine entsprechende Mehr- oder Minderabgabe von Drehmoment aus. Beispielsweise kann der elektrische Antrieb auch zum Bremsen, d. h. zur Reduzierung des Drehmoments einer Welle verwendet werden. Das vom elektrischen Antrieb abgegebene und/oder aufgenommene Drehmoment wird über einen Betriebsparameter, wie zum Beispiel den vom elektrischen Antrieb aufgenommenen Strom ermittelt. Das vom elektrischen Antrieb abgegebene und/oder aufgenommene Drehmoment wird zur Anpassung der zwei Drehmomentmodelle verwendet. Bei der Anpassung besteht das Ziel darin, dass beim Übergang zwischen den zwei Drehmomentmodellen möglichst kein Drehmoment Sprung auftritt.

[0011] Je nach Anwendungsfall kann die Sollsituation auch darin bestehen, die Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs konstant zu halten. Bei dieser Anwendung ist die Drehmomentabgabe nicht abhängig von der Drehzahl einer Welle, sondern abhängig von der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs. Diese Ausführungsform bietet den Vorteil, dass Einflüsse, die beispielsweise durch ein Getriebe auf die Drehzahl der Welle ausgeübt werden, ohne Einfluss auf eine korrekte Drehmomentabgabe sind.

[0012] Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung gemäß Anspruch 9 besteht darin, dass ein Steuergerät das Drehmomentmodell und die Regelung der Drehmomentabgabe über die Brennkraftmaschine ausführt. Zudem steuert das Steuergerät den elektrischen Antrieb zur Einhaltung einer Sollsituation an, die der elektrische Antrieb durch eine Mehr- oder Minderabgabe eines Drehmoments einhält. Das Steuergerät berechnet aufgrund eines Betriebsparameters, insbesondere aufgrund des vom elektrischen Antrieb aufge-

DE 102 04 083 A 1

3

nommenen Stroms das tatsächlich vom elektrischen Antrieb abgegebene oder aufgenommene Drehmoment. Das Steuergerät berechnet mit dem Drehmomentmodell das zur Erhaltung der Sollsituation erforderliche Drehmoment. Aus dem Vergleich zwischen dem über das Drehmomentmodell berechneten Drehmoment mit dem vom elektrischen Antrieb tatsächlich abgegebenen Drehmoment wird eine Korrektur des Drehmomentmodells durchgeführt. Bei der Korrektur wird das Drehmomentmodell in der Weise geändert, dass das vom Drehmomentmodell berechnete Drehmoment mit dem vom elektrischen Antrieb tatsächlich abgegebenen Drehmoment übereinstimmt.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Anordnung wird vorzugsweise bei Betriebszuständen verwendet, die durch eine homogen stöchiometrische, eine homogen magere und eine geschichtete Ladung im Brennraum der Brennkraftmaschine festgelegt sind. Diese Betriebszustände werden bei mit Kraftstoff-Direktinspritzung arbeitenden Benzin-Brennkraftmaschinen eingesetzt, wobei für die verschiedenen Betriebszustände verschiedene Drehmomentmodelle verwendet werden. Um Drehmomententsprünge beim Übergang zwischen den verschiedenen Betriebszuständen zu vermeiden, wird das erfindungsgemäße Verfahren verwendet, um die Drehmomentmodelle aneinander in Übergangsbereichen anzupassen. Dabei wird entweder ein erstes Drehmomentmodell an das zweite Drehmomentmodell oder das erste und das zweite Drehmomentmodell werden aneinander angepasst. Somit wird ein stufenloser Übergang zwischen den von den Drehmomentmodellen berechneten Drehmomenten für die Brennkraftmaschine im Übergangsbereich erhalten.

[0014] Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen

[0015] Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Brennkraftmaschine und einen elektrischen Antrieb zum Antrieben einer Welle,

[0016] Fig. 2 ein Blockschaltbild eines Speichers,

[0017] Fig. 3 ein Ablaufdiagramm für eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens

[0018] Fig. 4 ein Ablaufdiagramm für eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0019] Fig. 1 zeigt schematisch eine Brennkraftmaschine 1 mit einem Brennraum 2, der über ein Einlassventil 3 mit einem Ansaugkanal 4 und über ein Auslassventil 5 mit einem Auslasskanal 6 verbunden ist. Der Brennraum 2 wird von einem Kolben 7 abgedichtet, der über eine Pleuelstange 8 mit einer Kurbelwelle 9 in Verbindung steht. In den Brennraum 2 ragt eine Zündein-10 und das Einspritzventil 11 stehen über Steuerleitungen mit einem Steuergerät 12 in Verbindung. Das Einspritzventil 11 steht zudem über eine nicht dargestellte Kraftstoffleitung mit einem Kraftstoffspeicher in Verbindung, der Kraftstoff mit einem vorgegebenen Druck bereitstellt. Das Steuergerät 12 steuert die Einspritzung von Kraftstoff in Abhängigkeit von einer gewünschten Drehmomentabgabe durch die Brennkraftmaschine 1 auf die Kurbelwelle 9 an. Zudem steuert das Steuergerät 12 die Zündeinrichtung 10 zur Abgabe eines Zündfunken zu einem gewünschten Zeitpunkt in Abhängigkeit von einer gewünschten Drehmomentabgabe durch die Brennkraftmaschine 1 auf die Kurbelwelle 9 an.

[0020] Die Drehmomentabgabe der Brennkraftmaschine 1 wird über einen Regelvorgang eingestellt, bei dem die Differenz zwischen einem Sollmoment und einem Istmoment berücksichtigt wird. Das Sollmoment wird in Abhängigkeit von einer Fahrpedalstellung, d. h. dem Fahrerwunsch, der Drehzahl der Brennkraftmaschine und/oder der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs aus entsprechenden Kennlinienfeldern ermittelt, die in einem Speicher 13

4

abgelegt sind. Ein tatsächlich von der Brennkraftmaschine abgegebenes Istmoment wird über ein Drehmomentmodell abhängig von Parametern der Brennkraftmaschine, wie zum Beispiel der eingespritzten Kraftstoffmenge, dem Druck, mit dem die Kraftstoffmenge eingespritzt wird, und dem Zündzeitpunkt ermittelt. Auch dazu sind entsprechende Kennlinienfelder in dem Speicher 13 gelegt.

[0021] Der Speicher 13 ist über eine nicht näher bezeichnete Datenverbindung mit dem Steuergerät 12 verbunden. Es ist weiterhin ein Fahrpedal 14 angeordnet, dem ein Fahrpedalgeber 15 zugeordnet ist. Der Fahrpedalgeber 15 erfasst die Fahrpedalstellung und meldet diese über eine Datenleitung an das Steuergerät 12 weiter. Ferner ist ein Drehzahlgeber 16 vorgesehen, welcher der Kurbelwelle 9 zugeordnet ist und die Drehzahl der Kurbelwelle 9 erfasst. Die erfasste Drehzahl wird vom Drehzahlgeber 16 über eine Datenleitung an das Steuergerät 12 übermittelt. Es ist ein zweites Steuergerät 17 vorgesehen, das über eine Steuerleitung mit einem elektrischen Antrieb 18 verbunden ist. Der elektrische Antrieb 18 steht über Zahnräder 19 mit der Kurbelwelle 9 in Eingriff. Weiterhin ist der elektrische Antrieb 18 über Stromleitungen 20 mit einer Stromversorgung 21 verbunden. Die Stromversorgung 21 wird in einem Kraftfahrzeug üblicherweise durch die Batterie dargestellt. In einer der Stromleitungen 20 ist ein Messwiderstand 22 angeordnet, dessen Eingang und dessen Ausgang jeweils über eine Messleitung 23 mit dem zweiten Steuergerät 17 verbunden ist. Das zweite Steuergerät 17 steht zudem über eine weitere Steuerleitung 24 mit dem Steuergerät 12 in Verbindung. Zudem ist das zweite Steuergerät 17 über eine weitere Datenleitung 25 mit dem Speicher 13 verbunden.

[0022] Das Steuergerät 12 weist weitere Eingänge 26 auf, über die Sensorsignale dem Steuergerät 12 zugeführt werden, die zur Berechnung eines Sollmoments und/oder zur Berechnung eines Istmoments mit einem Drehmomentmodell verwendet werden.

[0023] Die Brennkraftmaschine 1 ist beispielsweise in einem Kraftfahrzeug eingebaut und das Kraftfahrzeug wird von der Brennkraftmaschine 1 über die Drehung der Kurbelwelle 9 angetrieben. Weiterhin ist ein Geschwindigkeitsgeber 29 vorgesehen, der die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs erfasst und an das Steuergerät 12 und an das zweite Steuergerät 17 meldet.

[0024] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung des Speichers 13, der ein Grundkennfeld 27 für das Drehmomentmodell und ein adaptives Kennfeld 28 für das Drehmomentmodell aufweist. Das Steuergerät 12 berechnet mit dem Drehmomentmodell in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine, wie zum Beispiel der Einspritzmenge, des Zündzeitpunkts, des Ansaugluftmassenstroms ein von der Brennkraftmaschine 1 tatsächlich auf die Kurbelwelle 9 abgegebenes Drehmoment. Bei der Berechnung des Drehmoments wird das Grundkennfeld 27 verwendet, das in Abhängigkeit von der Last und der Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 Werte für das von der Brennkraftmaschine 1 abgegebene Drehmoment aufweist und damit ein dreidimensionales Kennfeld darstellt. Zudem wird bei der Berechnung des Drehmoments vom Drehmomentmodell das adaptive Kennfeld 28 berücksichtigt. Das adaptive Kennfeld 28 ist ebenfalls als dreidimensionales Kennfeld mit den Dimensionen Last, Drehzahl und Drehmoment ausgebildet.

[0025] In einer einfachen Ausbildungsform wird das adaptive Kennfeld 28 zum Grundkennfeld 27 addiert. Bei einer Änderung des Drehmomentmodells werden Werte für das Drehmoment in dem adaptiven Kennfeld 28 verändert. Je nach Anwendungsfall berücksichtigt das Drehmomentmodell das adaptive Kennfeld 28 zusätzlich zum Grund-

## DE 102 04 083 A 1

5

6

kennefeld 27 in einer anderen Art und Weise. Beispielsweise kann das vom Drehmomentmodell berechnete Drehmoment auch über eine Multiplikation der Werte aus dem Grundkennfeld 27 und der Werte aus dem adaptiven Kennfeld 28 ermittelt werden.

[0026] Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Bei Programmpunkt 100 startet die Brennkraftmaschine mit der Abgabe vom Drehmoment und wird dabei von dem Steuergerät 12 gesteuert. Beim folgenden Programmpunkt 110 erfasst das Steuergerät die Fahrpedalstellung des Fahrpedals 14 und die Drehzahl der Kurbelwelle 9 über den Drehzahlgeber 16. Anschließend ermittelt das Steuergerät 17 die Drehzahl der Kurbelwelle 9 über den Drehzahlgeber 16. Anschließend ermittelt das Steuergerät 12 aus der Fahrpedalstellung und der Drehzahl über ein Kennlinienfeld, das im Speicher 13 abgelegt ist, ein Soll Drehmoment, das die Brennkraftmaschine 1 abgeben soll.

[0027] Beim folgenden Programmpunkt 120 berechnet das Steuergerät 12 nach einem Drehmomentmodell in Abhängigkeit von verschiedenen Betriebsparametern der Brennkraftmaschine, insbesondere in Abhängigkeit von der eingespritzten Kraftstoffmenge, dem Druck des eingespritzten Kraftstoffs und der Drehzahl der Brennkraftmaschine ein von der Brennkraftmaschine 1 abgegebenes Ist Drehmoment. Beim folgenden Programmpunkt 130 vergleicht das Steuergerät 12 das berechnete Soll Drehmoment mit dem berechneten Ist Drehmoment und steuert die Brennkraftmaschine 1 in der Weise an, dass die Brennkraftmaschine 1 ein Drehmoment abgibt, das dem Soll Drehmoment entspricht. Bei der Ansteuerung der Brennkraftmaschine wird beispielsweise die Kraftstoffmenge und/oder der Zündzeitwinkel verändert, um eine Änderung des von der Brennkraftmaschine abgegebenen Drehmoments zu erreichen.

[0028] Beim folgenden Programmpunkt 140 gibt das Steuergerät 12 den Steuerbefehl an das zweite Steuergerät 17, eine Sollsituation einzuhalten. Die Sollsituation kann beispielsweise darin bestehen, die Drehzahl der Kurbelwelle 9 oder die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs konstant zu halten. Weiterhin kann die Sollsituation darin bestehen, eine Soll Drehzahl und/oder eine Sollgeschwindigkeit zu erreichen.

[0029] Beim folgenden Programmpunkt 143 ändert das Steuergerät 12 das von der Brennkraftmaschine 1 abzugebende Drehmoment um einen festgelegten Differenzbetrag. Anschließend erfasst das zweite Steuergerät 17 bei Programmpunkt 148 die Istsituation, zum Beispiel die Drehzahl der Kurbelwelle 9 und/oder die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs und vergleicht diese mit der bei Programmpunkt 140 vorgegebenen Sollsituation.

[0030] Beim folgenden Programmpunkt 150 steuert das zweite Steuergerät 17 den elektrischen Antrieb 18 durch eine Änderung der Drehmomentabgabe auf die Kurbelwelle 9 in der Weise an, dass die bei Programmpunkt 140 vorgegebene Sollsituation eingehalten und/oder erreicht wird.

[0031] Beim folgenden Programmpunkt 160 misst das zweite Steuergerät 17 über den Messwiderstand 22 die Stromaufnahme durch den elektrischen Antrieb 18. Im Speicher 13 sind Kennfelder abgelegt, die in Abhängigkeit von der Stromaufnahme des elektrischen Antriebs das vom elektrischen Antrieb 18 abgegebene Drehmoment festlegen. Das zweite Steuergerät 17 liest bei Programmpunkt 170 das sich aus dem gemessenen Strom ergebende Drehmoment aus dem Speicher 13 aus. Anschließend wird bei Programmpunkt 180 das über die Erfassung des Stromes berechnete Drehmoment vom zweiten Steuergerät 17 an das Steuergerät 12 weitergemeldet.

[0032] Anstelle der Stromerfassung kann jeder andere Be-

triebsparameter des elektrischen Antriebs erfasst werden, mit dem eine zuverlässige Aussage über das vom elektrischen Antrieb 18 abgegebene Drehmoment möglich ist. In Abhängigkeit von dem erfassten Betriebsparameter ist eine entsprechende Kennlinie im Speicher 13 abgelegt, die die Abhängigkeit zwischen dem erfassten Betriebsparameter und dem von dem elektrischen Antrieb 18 abgegebenen Drehmoment festlegt.

[0033] Das Steuergerät 12 vergleicht bei Programmpunkt 190 das von dem elektrischen Antrieb 18 abgegebene Drehmoment mit dem Differenzdrehmoment, um das das Drehmoment der Brennkraftmaschine bei Programmpunkt 143 verändert wurde. Ergibt der Vergleich, dass eine Abweichung zwischen dem Differenzdrehmoment der Brennkraftmaschine 1 und dem Drehmoment des elektrischen Antriebs vorliegt, so wird beim folgenden Programmpunkt 200 eine Anpassung des Drehmomentmodells vorgenommen, das zur Berechnung des Ist Drehmoments der Brennkraftmaschine 1 verwendet wird. Ist beispielsweise das vom elektrischen Antrieb 18 abgegebene Drehmoment größer als der Betrag, um den das von der Brennkraftmaschine 1 abgegebene Drehmoment bei Programmpunkt 130 reduziert wurde, so deutet dies darauf hin, dass das Drehmomentmodell ein zu kleines Ist Drehmoment berechnet hat. Folglich wird das Drehmomentmodell, insbesondere das adaptive Kennfeld 28, in der Weise angepasst, dass das Drehmomentmodell ein größeres Ist Drehmoment berechnet. In einer einfachen Ausführungsform wird das adaptive Kennfeld 28 in dem Last- und Drehzahlbereich, in dem die Drehmomentänderung der Brennkraftmaschine 1 bei Programmpunkt 143 erfolgte, erhöht.

[0034] Ergibt der Vergleich bei Programmpunkt 190, dass das vom elektrischen Antrieb 18 abgegebene Drehmoment kleiner ist als die Änderung des Drehmoments der Brennkraftmaschine bei Programmpunkt 143, so hat das Drehmomentmodell einen zu großen Wert für das Ist Drehmoment errechnet. Vorzugsweise wird die Differenz zwischen dem Drehmoment, das vom elektrischen Antrieb 18 abgegeben wurde und dem Differenzdrehmoment, das von der Brennkraftmaschine 1 bei Programmpunkt 143 verändert wurde, auf den Wert des adaptiven Kennfelds 28 aufaddiert. Die Addition erfolgt dabei in den Last- und Drehzahlbereichen, denen die Änderung des Drehmoments und der entsprechende Ausgleich durch den elektrischen Antrieb 18 erfolgt ist.

[0035] Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem beim Betreiben der Brennkraftmaschine 1 in verschiedenen Betriebsbereichen verschiedene Drehmomentmodelle verwendet werden. Beispielsweise wird eine mit Kraftstoff-Direktinspritzung arbeitende Benzin-Brennkraftmaschine in einem stöchiometrisch homogenen, in einem homogen mageren oder in einem geschichteten Bereich betrieben.

[0036] In dem homogen mageren Bereich wird der Brennraum 2 der Brennkraftmaschine 1 mit einer homogen mageren Kraftstoff-Luftmischung versehen. Dazu wird eine entsprechende Menge Kraftstoff in den Brennraum 2 eingespritzt und eine entsprechende Menge Luft über das Einlassventil 3 angesaugt. Bei dem Betriebszustand homogen stöchiometrische Ladung wird im Brennraum 2 eine homogen stöchiometrische Mischung zwischen Luft und Kraftstoff erzeugt. Dazu wird über das Einspritzventil 11 und über das Einlassventil 3 eine entsprechende Luft-/Kraftstoffmischung eingestellt. Bei einer geschichteten Ladung wird im Bereich der Zündeinrichtung 10 eine Kraftstoffwolke von dem Einspritzventil eingespritzt, die sich im Wesentlichen nur im Bereich der Zündeinrichtung 10 ausbildet. Für die

## DE 102 04 083 A 1

7

drei verschiedenen Betriebszustände der Brennkraftmaschine werden drei verschiedene Drehmomentmodelle verwendet um das Ist Drehmoment der Brennkraftmaschine zu berechnen. Beim Übergang zwischen den Betriebszuständen wird für die Berechnung des Ist Drehmoments auch ein Übergang zwischen den Drehmomentmodellen durchgeführt. Dabei kann es bei einer fehlenden Abstimmung in den Übergangsbereichen zu unterschiedlichen Berechnungen von Ist Drehmomenten durch die Drehmomentmodelle kommen. Dies würde jedoch zu einem Drehmomentsprung und/oder einer Drehzahländerung der Kurbelwelle 9 und/oder einer Geschwindigkeitsänderung des Kraftfahrzeugs führen. Im folgenden wird ein Verfahren beschrieben, mit dem diese Nachteile vermieden werden.

[0037] Bei Programmpunkt 300 startet das Steuergerät 12 die Brennkraftmaschine 1. Die Programmpunkte 300, 310, 320 und 330 entsprechen den Programmpunkten 100, 110, 120 und 130 der Fig. 3. Entsprechend führt das Steuergerät 12 bei Programmpunkt 310 die gleiche Funktion wie bei Programmpunkt 110, bei Programmpunkt 320 die gleiche Funktion wie bei Programmpunkt 120, und bei Programmpunkt 330 die gleiche Funktion wie bei Programmpunkt 130 durch. Entsprechend wird bei Programmpunkt 330 vom Steuergerät 12 dem zweiten Steuergerät 17 eine Sollsituation vorgegeben, die das zweite Steuergerät 17 mit Hilfe des elektrischen Antriebs 18 einhalten und/oder erreichen soll. Eine Sollsituation besteht beispielsweise darin, dass kein Drehmomentsprung auftritt, dass keine Drehzahländerung an der Kurbelwelle 9 auftritt, oder dass sich die Fahrgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs nicht ändert. Jedoch kann eine Sollsituation auch darin bestehen, ein Solldrehmoment, eine Solldrehzahl und/oder eine Sollgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs einzustellen.

[0038] Beim folgenden Programmpunkt 350 ändert das Steuergerät 12 den Betriebszustand der Brennkraftmaschine 1 und wechselt beispielsweise von einer stöchiometrisch homogenen Ladung zu einer homogen mageren oder von einer stöchiometrisch homogenen Ladung zu einer geschichteten Ladung. In entsprechender Art und Weise steuert das Steuergerät 12 die Brennkraftmaschine 1 an. Dabei verwendet das Steuergerät in dem neuen Betriebszustand ein anderes Drehmomentmodell zur Berechnung des Ist Drehmoments, das von der Brennkraftmaschine 1 abgegeben wird. Aufgrund des Ist Drehmoments wird im Vergleich mit dem berechneten Solldrehmoment die Drehmomentabgabe der Brennkraftmaschine gesteuert. Beim folgenden Programmpunkt 360, der zeitlich parallel zum Programmpunkt 350 erfolgt, sorgt das zweite Steuergerät 17 dafür, dass die vom Steuergerät 12 vorgegebene Sollsituation eingehalten und/oder eingestellt wird. Dazu steuert das zweite Steuergerät 17 den elektrischen Antrieb 18 in der Art und Weise an, dass die Sollsituation erreicht wird. Dabei werden beispielsweise auftretende Drehmomentchwankungen der Kurbelwelle 9 durch den elektrischen Antrieb 18 ausgeglichen.

[0039] Beim folgenden Programmpunkt 370 erfasst das zweite Steuergerät 17 über den Messwiderstand 22 den vom elektrischen Antrieb 18 aufgenommenen Strom. Im Speicher 13 sind Kennfelder für den Zusammenhang zwischen dem aufgenommenen Strom und das vom elektrischen Antrieb 18 abgegebene Drehmoment abgelegt. Das zweite Steuergerät 17 ermittelt aufgrund der Kennlinien das vom elektrischen Antrieb 18 abgegebene Drehmoment. Beim folgenden Programmpunkt 380 meldet das zweite Steuergerät 17 das errechnete Drehmoment an das Steuergerät 12 weiter. Das Steuergerät 12 ermittelt aufgrund des Drehmoments, das vom elektrischen Antrieb 18 beim Übergang von einem Drehmomentmodell zum anderen Drehmomentmodell abgegeben wurde, um die Sollsituation einzuhalten,

8

eine Anpassung eines oder beider Drehmomentmodelle. Das Ziel der Anpassung besteht darin, dass beim Übergang von einem Drehmomentmodell auf das andere Drehmomentmodell kein Drehmomentsprung an der Kurbelwelle 9 auftritt. Vorzugsweise passt das Steuergerät 12 das adaptive Kennfeld 28 in der Weise bei einem oder beiden Drehmomentmodellen an, dass kein Drehmomentsprung bei der Berechnung des Drehmoments durch das erste und das zweite Drehmomentmodell beim Übergang zwischen dem ersten und dem zweiten Drehmomentmodell auftritt. Aufgrund des beschriebenen Verfahrens ist eine automatische Adaption der Drehmomentmodelle aneinander möglich, so dass ein Betreiben der Brennkraftmaschine ohne Drehmomentsprünge auch beim Übergang von einem Drehmomentmodell auf ein anderes Drehmomentmodell möglich ist. Das zweite Steuergerät 17 kann anstelle der Strommessung auch einen anderen Betriebsparameter des elektrischen Antriebs 18 erfassen, der eine vorzugsweise präzise Aussage über das vom elektrischen Antrieb 18 abgegebene Drehmoment zulässt.

[0040] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass eine laufende Adaption der Drehmomentmodelle über die Lebensdauer der Brennkraftmaschine durchgeführt wird und somit auch Änderungen, die beispielsweise aufgrund von Abnutzungserscheinungen bei der Leistung der Brennkraftmaschine auftreten, in das Drehmomentmodell übernommen werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Anpassen eines Drehmomentmodells für einen Antrieb, insbesondere für eine Brennkraftmaschine (1), wobei mit dem Drehmomentmodell das von einem ersten Antrieb abgegebene Drehmoment abhängig von Betriebsparametern des ersten Antriebs ermittelt wird, wobei ein zweiter Antrieb (18) vorgesehen ist, von dem mindestens zeitweise Drehmoment abgegeben wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Drehmomentmodell für eine Sollsituation ein Solldrehmoment ermittelt, das von dem zweiten Antrieb (18) abzugeben ist, dass von dem zweiten Antrieb (18) für die Sollsituation ein entsprechend notwendiges Drehmoment abgegeben wird, dass das notwendige Drehmoment mit dem Solldrehmoment verglichen wird, dass das Drehmomentmodell abhängig von dem Vergleichsergebnis korrigiert wird, um das zu berechnende Solldrehmoment in Richtung des notwendigen Drehmoments anzupassen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Antrieb eine Brennkraftmaschine (1) und der zweite Antrieb einen elektrischen Antrieb (18) darstellt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollsituation die Erreichung und/oder die Einhaltung einer vorgegebenen Drehzahl einer Welle (9) darstellt, die von dem ersten und dem zweiten Antrieb (1, 18) angetrieben wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle (9) mindestens zeitweise vom ersten und vom zweiten Antrieb (1, 18) angetrieben wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Drehmomentmodell ein Grundkennfeld (27) und ein adaptives Kennfeld (28) verwendet, dass bei der Anpassung des Drehmomentmodells ein Wert des adaptiven Kennfeldes (28) verändert wird und

## DE 102 04 083 A 1

9

dass bei der Ausgabe des Soll Drehmomentes eine Summe aus einem Wert des Grundkennfeldes (27) und einem Wert des adaptiven Kennfeldes (28) gebildet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das von dem elektrischen Antrieb (18) abgegebene Drehmoment über eine Messung der Stromaufnahme des elektrischen Antriebes (18) berechnet wird.

7. Verfahren zum Anpassen eines Drehmomentmodells für eine Brennkraftmaschine (1), wobei in verschiedenen Betriebsbereichen der Brennkraftmaschine (1) verschiedene Drehmomentmodelle zur Ermittlung des von der Brennkraftmaschine (1) abgegebenen Drehmomentes verwendet werden, wobei sich die Drehmomentmodelle in wenigstens einem Parameter unterscheiden,

wobei das von dem Drehmomentmodell ermittelte Drehmoment zur Regelung des Drehmomentes der Brennkraftmaschine (1) verwendet wird,

wobei ein elektrischer Antrieb (18) vorgesehen ist, von dem mindestens zeitweise Drehmoment auf eine Welle (9) abgegeben wird,

wobei von der Brennkraftmaschine (1) mindestens zeitweise Drehmoment auf die Welle (9) abgegeben wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass beim Wechsel von einem ersten Betriebsbereich in einen zweiten Betriebsbereich von einem ersten Drehmomentmodell zu einem zweiten Drehmomentmodell zur Berechnung des von der Brennkraftmaschine (1) abgegebenen Drehmomentes gewechselt wird,

dass der elektrische Antrieb (18) Drehmoment abgibt, um eine Sollsituation an der Welle einzuhalten und/oder zu erreichen,

dass das von dem elektrischen Antrieb (18) beim Übergang zwischen den Betriebsbereichen abgegebene Drehmoment ermittelt wird,

dass das abgegebene Drehmoment zur Änderung wenigstens eines der zwei Drehmomentmodelle verwendet wird, um die Drehmomentmodelle aneinander anzupassen, damit beim Übergang zwischen den Drehmomentmodellen möglichst kein Drehmomentsprung beim berechneten Drehmoment auftritt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die verschiedenen Betriebsbereiche bei einer mit Kraftstoff-Direkteinspritzung arbeitenden Brennkraftmaschine eine homogen stöchiometrische, eine homogen mager und eine geschichtete Ladung im Brennraum darstellen.

9. Anordnung zur Regelung einer Drehmomentabgabe eines Antriebsstranges (9), wobei der Antriebsstrang (9) mit einer Brennkraftmaschine (1) in Wirkverbindung steht,

wobei der Antriebsstrang (9) mit einem zweiten Antrieb (18) in Wirkverbindung (19) steht,

wobei ein Steuergerät (12) vorgesehen ist, das die Drehmomentabgabe der Brennkraftmaschine (1) und die Drehmomentabgabe des zweiten Antriebes (18) regelt,

wobei das Steuergerät (12) abhängig vom Fahrerwunsch und der Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) ein Soll Drehmoment ermittelt, das auf den Antriebsstrang (9) abzugeben ist,

dass das Steuergerät (12) zur Ermittlung eines Ist Drehmomentes der Brennkraftmaschine ein Drehmomentmodell verwendet, das abhängig von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine (1) das von der Brenn-

10

kraftmaschine abgegebene Drehmoment ermittelt, wobei das Steuergerät (12) aus dem Vergleich zwischen Soll- und Ist Drehmoment die Drehmomentabgabe der Brennkraftmaschine (1) regelt,

dadurch gekennzeichnet, dass in bestimmten Betriebsbereichen das Steuergerät (12) den zweiten Antrieb (18) zur Einhaltung oder zur Erreichung einer Sollsituation ansteuert, dass das vom zweiten Antrieb (18) abgegebene Drehmoment ermittelt wird, mit dem die Sollsituation eingehalten oder erreicht wird,

dass das berechnete Drehmoment mit dem Soll Drehmoment verglichen wird, und dass das Steuergerät (12) das Drehmomentmodell in der Weise anpasst, dass das berechnete Soll Drehmoment in Richtung des tatsächlich abgegebenen Drehmomentes verändert wird.

10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (12) bei verschiedenen Betriebszuständen der Brennkraftmaschine (1) verschiedene Drehmomentmodelle verwendet, dass beim Übergang von einem ersten zu einem zweiten Drehmomentmodell das Steuergerät (12) den zweiten Antrieb (18) ansteuert, um eine Sollsituation einzuhalten, dass das Steuergerät das vom zweiten Antrieb beim Übergang zum zweiten Drehmomentmodell abgegebene Drehmoment abhängig von einem Betriebsparameter des Antriebes berechnet, dass das berechnete Drehmoment verwendet wird, um die Drehmomentmodelle aneinander anzupassen, um beim Übergang zwischen den Drehmomentmodellen bei der Ermittlung des Ist Drehmomentes der Brennkraftmaschine (1) ein Drehmomentsprung verkleinert oder vermieden wird.

11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollsituation in der Einhaltung einer gewünschten Drehzahl und/oder einer gewünschten Geschwindigkeit eines Fahrzeuges liegt, das von der Brennkraftmaschine (1) angetrieben wird.

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebszustände durch eine homogen stöchiometrische, eine homogen mager oder eine geschichtete Ladung im Brennraum (2) der Brennkraftmaschine (1) dargestellt werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:  
Int. Cl. 7:  
Offenlegungstag:

DE 102 04 083 A1  
G 01 L 3/00  
14. August 2003

FIG 3

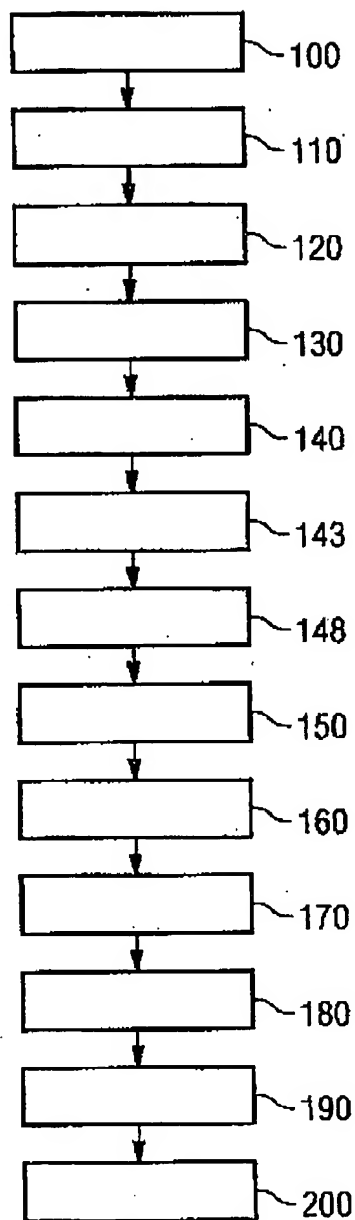
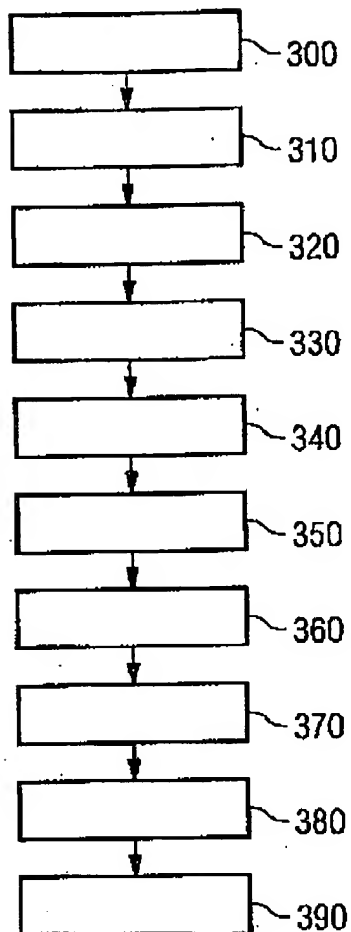


FIG 4



103 330/335